



ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
SOĞUTMA ve İKLİMLENDİRME TEKNİĞİ  
UYGULAMA ve ARAŞTIRMA MERKEZİ

**SİMER'2000**  
**6. ULUSAL**  
**SOĞUTMA ve İKLİMLENDİRME**  
**TEKNİĞİ KONGRESİ**

**BİLDİRİLER KİTABI**

*Derleyenler*  
**Orhan BÜYÜKALACA**  
**Tuncay YILMAZ**

**13-14 Nisan 2000, ADANA**

## YAPAY SU KÜTLELERİNİN SEBEP OLDUĞU PSİKROMETRİK DEĞİŞİMLER ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Bülent YEŞİLATA ve M. Azmi AKTACİR

Harran Üniversitesi Müh. Fak., Makine Müh. Bölümü 63300-Şanlıurfa

**ÖZET:** Yapay su kütlelerinin yüzeylerinden buharlaşma suretiyle transfer edilen nemin iklimsel parametreler üzerinde önemli etkisi olduğu bilinen bir gerçektir. Bu kapsamda, ülkemizde son yıllarda seçilen çarpıcı örneklerden biri olarak Atatürk Barajı yapay gölü ve oluşumu öncesi yarı kurak iklime sahip Şanlıurfa ilinin iklimi üzerindeki etkisi gösterilebilir. Bu çalışmada, temel psikrometrik özelliklerden bağıl nem üzerinde söz konusu yapay gölün oluşumundan kaynaklanan değişimler incelenmiş ve bu değişimlerin sebebi analitik çözümü yapılan bir boyutlu kütle transfer modeliyle belirlenebilecek buharlaşma miktarıyla ilişkilendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay su kütleleri, Psikrometrik değişimler, Nem transferi, Buharlaşma

## A STUDY ON PSYCHOMETRIC CHANGES GENERATED BY ARTIFICIAL LAKES

**ABSTRACT:** It is a well known fact that humidity transferred by means of water evaporation from the surface of an artificial lake has significant effect on meteorological parameters. In this context, one of the fascinating examples in Turkey is the artificial lake of The Atatürk Dam and its effect on meteorology of Şanlıurfa province. In this study, variation of relative humidity induced by this artificial lake is investigated and the possible cause for these variations are related to water evaporation rate determined by a one-dimensional mass transfer model solved analytically.

**Key Words:** Artificial water mass, Psychrometric variations, Humidity transfer, Evaporation

### 1. GİRİŞ

Büyük kütleli su yüzeylerinden buharlaşma suretiyle transfer edilen nemin iklimsel parametreler üzerinde önemli etkisi olduğu çok açık bilinen bir gerçektir.

Bahsedilen bu kütle transferi doğal oluşumlu su kaynaklarının (okyanuslar, denizler, vb.) bulunduğu bölgedeki iklimi diğer bölgelerden farklı kılmakla beraber, oluşumundan günümüze yaşanan uzun süreçte su kaynağı-çevre ilişkisi dengesinin kurulması nedeniyle iklimsel parametrelerde uzun yıllar ortalaması kullanılarak elde edilen değerlerden önemli ölçüde bir sapma genellikle beklenmez. Bunun yanında kurak yada yarı kurak iklimlerde çeşitli amaçlarla oluşturulmuş büyük kütleli su kaynaklarının iklimsel parametreleri değişen süreç ve özelliklerde değişime uğrattığı yönünde çok sayıda araştırma mevcuttur [1-7].

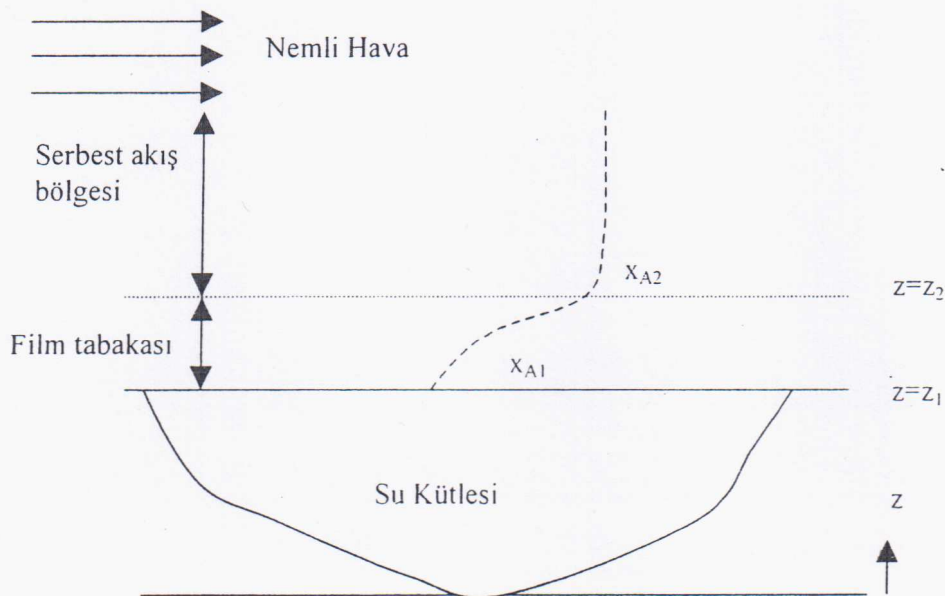
Bu kapsamda, son yıllarda seçilen çarpıcı örneklerden biri olarak yapay oluşumlu Atatürk Baraj Gölü ve oluşumu öncesi yarı kurak iklime sahip Şanlıurfa ilinin iklimi üzerindeki etkisi gösterilebilir. 817 km<sup>2</sup>'lik rezervuar alanına sahip Atatürk baraj gölünün toplam su depolama kapasitesi 48.7 milyar m<sup>3</sup> olup Türkiye'nin üçüncü büyük gölüdür. Barajda su tutmaya Ocak 1990'da başlanmış olup, 1992 yılında baraj gölü hedeflenen kot seviyesinin yaklaşık %90'ına ve 1994 yılında da planlanan kot seviyesine (550m) ulaşmıştır. 1990 yıllarından başlayan ve günümüze uzanan 10 yıllık süreçte psikrometrik parametrelerde gözlenen sürekli ve hissedilir değişimler henüz göl ve atmosfer arasındaki karşılıklı etkileşimin devam ettiğini ve bu değişim trendinin sistematik olarak analiz edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu konuda daha önce rapor edilen sonuçlar [6,7] arasında söz konusu sürecin yetersizliği nedeniyle sayısal anlamda henüz bir uyum ve bazı iklimsel parametrelerin değişimi konusunda kesinlik söz konusu olmamakla birlikte, bağıl nemde ciddi seviyede değişim olduğu konusunda nispeten ortak bir yaklaşım bulunmaktadır (bkz: [7]).

Bu nedenle bu çalışmada, tüm iklimsel parametreleri bir arada değerlendirmek yerine temel psikrometrik özelliklerden bağıl nem üzerindeki göl oluşumundan kaynaklanan değişimler incelenmiş ve bu değişimlerin sebebi analitik çözümü yapılan bir boyutlu kütle transfer modeliyle açıklanmaya çalışılmıştır. Bağıl nemde baraj gölü sonrası için seçilen periyotta (1990-1999), iklimlendirme projesi hesaplarına esas olan uzun yıllar ortalamasına (1930-1990) göre yılın bazı dönemleri için ortalama %28'lere ulaşan farkın oluşmasına direkt katkısı olduğu düşünülen buharlaşma miktarının aylara göre trendi meteorolojik verilerden [8] yararlanarak belirlenmiştir. Bildirinin 2. Bölümünde bir boyutlu

buharlaşma modeli, 3. Bölümünde modelin baraj gölü sonrası verilere uygulanması ve 4. Bölümünde ise elde edilen sonuçların değerlendirilmesi bulunmaktadır.

## 2. BUHARLAŞMANIN MATEMATİK MODELİ

Yapay su kütleleri ile temasta bulunduğu atmosfer havası arasındaki transfer olaylarının tam olarak modellenmesi efektif parametrelerin fazlalığı ve dinamiklik arzetmeleri dolayısıyla oldukça güçtür. Mevcut problem öncelikle zamana bağlı, izotermal olmayan ve çok boyutlu bir problem olup momentum, enerji ve kütle transferi denklemlerinin anlık aşamalarda birlikte (simultaneously) çözümlerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada dikkate alınan ve aşağıda tanımlanan modelde söz konusu kompleks mekanizmalar elimine edilerek, asıl amaç olan buharlaşma suretiyle nemli havaya transfer edilen su buharı miktarının belirleneceği basit bir denklem sunulması hedeflenmiştir. Modelleme için seçilen sistem şematik olarak Şekil 1’te gösterilmiştir.



Şekil 1. Kütle transferi mekanizmasının şematik gösterimi.

Sistemdeki ideal gaz olarak kabul edilen nemli havanın su yüzeyi üzerinden akışı zahiri (hypothetical) bir çizgi ile iki tabakaya ayrılmış olup, su yüzeyi ile temas halinde bulunan tabakada çok yavaş (durgun sayılabilecek) bir hava akışı, serbest akış bölgesinde ise rüzgar hızı etkisi altındaki hava akışının varlığı söz konusudur. Serbest akış hızına sahip hava içerisinde bulunan su buharı

konsantrasyonunun iyi ve homojen karışma gerçekleşmiş olması dolayısıyla sabit olarak seçilebileceği varsayılmıştır. Göl yüzeyini oluşturan boyutlar seçilen film tabakası kalınlığı dikkate alındığında sonsuz derecede büyük olduğundan akış 'z' yönünde olmak üzere bir boyutludur ve su buharının mol oranları arasında  $x_{A1} > x_{A2}$  eşitsizliğinin geçerliği sebebiyle kütle transferi su yüzeyinden nemli havaya doğrudur. Ayrıca göl yüzeyinin büyüklüğü ve düşük oranda gerçekleşen su buharı transferi dikkate alındığında sıvı seviyesinin ( $z_1$  yüksekliği) değişiminin ihmalî söz konusudur. Atmosfere açık şartlardaki bu sistem için sabit kabul edilebilecek basınç değerine ek olarak film tabakası içerisindeki durgun sayılabilecek şartlardaki nemli hava içerisinde üniform bir sıcaklık dağılımı olduğu varsayılmıştır. Atmosferik koşulların anlık değerleri yerine belirli zaman aralıklarındaki ortalama değerlerinin kullanılma zorunluluğu nedeniyle su buharı geçişinin kararlı şartlarda (pseudo-steady) gerçekleştiği göz önüne alınmıştır.

Bu şartlarda nemli havaya transfer edilen su buharı miktarı veren

$$\nabla \cdot N_A = 0 \quad (1)$$

$$N_A = x_A(N_A + N_B) - cD_{AB} \nabla x_A \quad (2)$$

ifadelerin Şekil 1'de verilen bir boyutlu sistem için uygulanması sonucu,

$$\frac{d}{dz} \left[ \frac{1}{(1-x_A)} \left( x_A N_B - cD_{AB} \frac{dx_A}{dz} \right) \right] = 0 \quad (3)$$

denklemini elde edilir. Sabit sıcaklık ve basınç şartlarındaki nemli hava için molar konsantrasyonun ( $c$ ) sabit olması, film tabakası kalınlığına difüzyon kütle transferi katsayısındaki ( $D_{AB}$ ) konsantrasyona bağlı değişiminin ihmal edilebilir seviyede bulunması ve havanın su kütlesi içerisine akışının olmaması ( $N_B = 0$ ) dikkate alındığında (3) eşitliği,

$$\frac{d}{dz} \left( \frac{1}{1-x_A} \frac{dx_A}{dz} \right) = 0 \quad (4)$$

şeklinde ikinci dereceden bir diferansiyel denklem ile ifade edilir. Bu denklemin

$$z = z_1 \text{ için } x_A = x_{A1} \text{ ve } z = z_2 \text{ için } x_A = x_{A2} \quad (5)$$

sınır şartları ile çözümü Sherwood ve Pigford [9] tarafından gaz absorpsiyonunu içeren bir uygulama için yapılmış olup, film tabakası içerisindeki kuru hava ve su buharının konsantrasyon dağılımı ya da bilinen konsantrasyonlar ile kütle

difüzyon katsayısı bulunabilmektedir. Yüzeiden transfer edilen su buharı miktarının tespiti için,

$$N_{AZ} \Big|_{z=z_1} = -cD_{AB} \frac{1}{1-x_{A1}} \frac{dx_A}{dz} \Big|_{z=z_1} \quad (6)$$

eşitliği ideal gaz bağıntısı da göz önüne alınarak kullanıldığında,

$$N_{AZ} = \frac{P \cdot D_{AB}}{R \cdot T (z_2 - z_1) \cdot (P_B)_{ln}} (P_{A1} - P_{A2}) \quad (7)$$

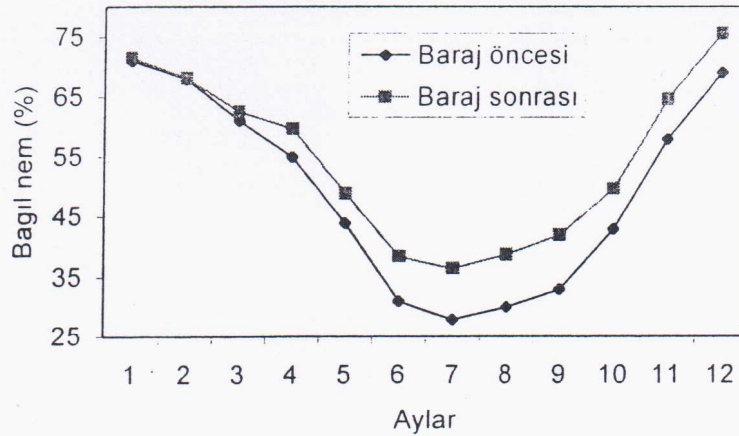
denklemini elde edilir. Denklem (7)'de P ve T sırasıyla ideal gaz karışımı olan nemli havanın basınç ve sıcaklığını, R üniversal gaz sabitini,  $P_{A1}$  ve  $P_{A2}$  ise sırasıyla; su buharının verilen basınç ve sıcaklık şartlarındaki doyma basıncını ve atmosfer havasının bağıl nemine karşılık gelen su buharı kısmi basıncını göstermektedir.  $(P_B)_{ln}$  ise söz konusu sınırlar arasında hava için logaritmik ortalaması alınmış kısmi basınç değerlerini göstermekte olup

$$(P_B)_{ln} = \frac{P_{B2} - P_{B1}}{\ln(P_{B2} - P_{B1})} \quad (8)$$

denklemini ile tanımlanmaktadır. Denklemlerde verilen kısmi basınçlar için  $P_A = x_A P$  ve  $P_B = P - P_A$  bağıntıları geçerlidir.

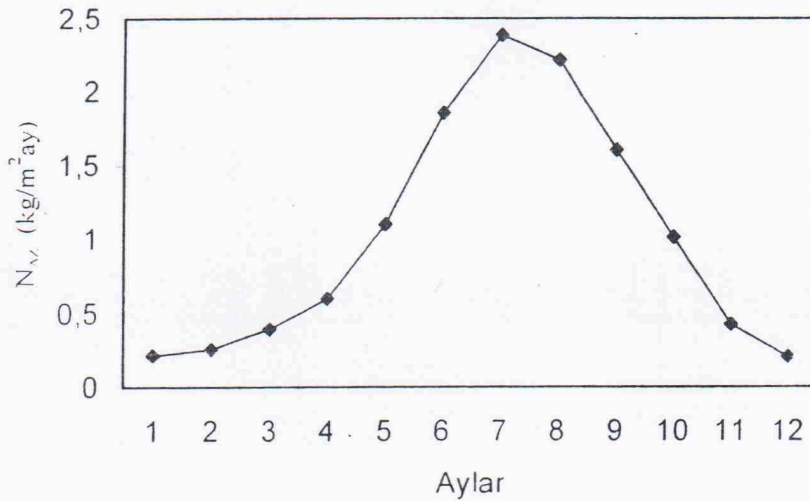
### 3. PSİKROMETRİK VERİLER VE MODELİN UYGULANMASI

Şanlıurfa ili baraj öncesi ve baraj sonrası aylık ortalama bağıl nem değerleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Şanlıurfa ili baraj öncesi ve baraj sonrası aylık ortalama bağıl nem değerleri.

Baraj gölü öncesi periyodu olarak daha önce bahsedildiği üzere 1930-1990 yılları, baraj gölü sonrası periyodu olarak suyun tutulmaya başlanma yılı olan 1990 ile 1999 yılları arası alınmıştır. Şekil 2 vasıtasıyla baraj gölü oluşumundan sonra bağıl nemde önemli oranda bir artış olduğu görülmektedir. Değişimin maksimum olarak gözlemlendiği aylar, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarıdır. Haziran ayında %23, temmuz ayında %33, ağustos ayında %30 ve eylül ayındaysa % 27 oranında ortalama bir artış söz konusudur. Yıllık ortalama bağıl nem değerindeki artış (%49'dan %55'e) ise yaklaşık % 6' dır. Bağıl nemde gerek yıllık gerekse aylık ortalama değerlerdeki artışın sebebini analiz etmek üzere (7) nolu denklem kullanılarak, baraj gölünden atmosfere olan buharlaşma miktarı birim film kalınlığı için ( $z_2 - z_1 = 1\text{m}$ ) hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 3' de gösterilmiştir. Hesaplamalara esas olan ve baraj gölü sonrası dönem için ortalama değeri tespit edilmiş psikrometrik veriler Tablo 1'de sunulmuştur. Şekil 3 ve Şekil 2' nin kıyaslamasından görülebileceği üzere özellikle yaz aylarında göl yüzeyinden maksimum seviyede buharlaşma olması bağıl nemde söz konusu dönemde gözlemlenen artışı açıklayabilmektedir.



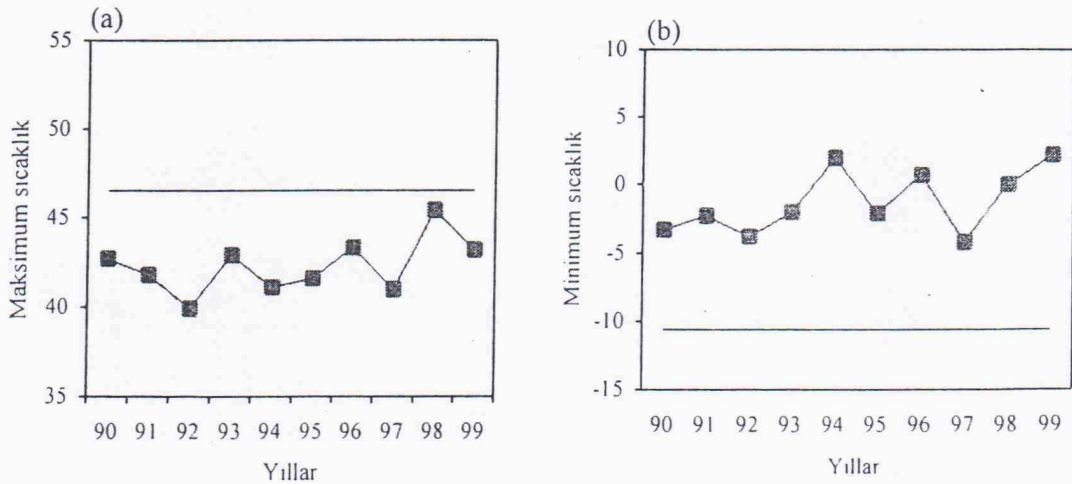
Şekil 3. Denklem (7) ile birim film kalınlığı için ( $z_2 - z_1 = 1\text{m}$ ) hesaplanan aylık buharlaşma miktarı değerleri.

Maksimum ve minimum dış sıcaklık değerlerinin baraj gölü sonrası trendini belirlemek açısından seçilen örnek aylar (Temmuz ve Ocak) için söz konusu sıcaklıkların yıllara göre değişimi Şekil 4 de gösterilmiştir. Kıyaslama

amacıyla baraj gölü öncesi uzun yıllar ortalamaları grafiklerde sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Genel trend maksimum dış sıcaklıkların düşme, minimum dış sıcaklıkların ise yükselme eğiliminde olduğunu göstermektedir.

**Tablo1. Denklem (7) için kullanılan psikrometrik veriler.**

Aylar	Bağıl nem %	Sıcaklık °C	P <sub>A1</sub> (KPa)	P <sub>A2</sub> (KPa)
Ocak	71	6,05	0,939	0,688
Şubat	68	6,54	0,971	0,670
Mart	63	10,67	1,284	0,815
Nisan	60	16,02	1,821	1,092
Mayıs	49	22,58	2,739	1,381
Haziran	38	28,26	3,839	1,520
Temmuz	37	31,90	4,731	1,731
Ağustos	39	31,32	4,578	1,794
Eylül	42	26,57	3,478	1,478
Ekim	50	20,85	2,465	1,215
Kasım	65	12,94	1,492	0,980
Aralık	76	7,60	1,044	0,801



**Şekil 4.** Baraj sonrası sıcaklık trendinin baraj öncesi uzun yıllar ortalamasıyla belirlenmiş değerle (sürekli çizgi) kıyaslanması; a) maksimum sıcaklık (Temmuz ayı için), b) minimum sıcaklık (Ocak ayı için).

Buharlaşmanın maksimum olduğu Temmuz ayı için, maksimum sıcaklığın uzun yıllar ortalamasına göre azaldığı (Şekil 4a) ve Ocak ayı için minimum sıcaklığın uzun yıllar ortalamasına göre yükseldiği görülmektedir (Şekil 4b). Benzer trend diğer aylar için ortalama değerler bazında yapılan analizde de tespit



edilmiş olup, dış sıcaklık değerleri baraj öncesi periyoduna göre; yaz aylarında 2,54°C ile 4,21°C arasında bir azalma, kış aylarında ise 6°C ile 9,32°C arasında bir artış eğilimi göstermektedir.

#### 4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapay oluşumlu büyük su kütlelerinin yöre ikliminde değişimler yaptığı bilinen bir gerçektir. Bu değişimlerden temel psikrometrik özellik olan bağıl nemin bu çalışma için seçilen Atatürk baraj gölü – Şanlıurfa ili iklimi örneğinde seçilen baraj gölü sonrası periyotta ciddi seviyede değiştiği gözlenmiştir. Baraj öncesi ve sonrası periyotlarda, bağıl nem de özellikle yaz aylarında %28 oranına ulaşan artış tespit edilmiştir. Bağıl nemdeki bu artışa yaz aylarında göl yüzeyinden olan buharlaşmanın sebep olduğu analitik çözümü yapılan bir boyutlu kütle transferi denklemleri yardımıyla açıklanmaya çalışılmıştır.

Bağıl nem değerlerine ek olarak iklimlendirme projelerinde kullanılan diğer psikrometrik parametrelerde de değişim mevcuttur. Özellikle dış sıcaklık değerlerinin baraj öncesi periyoduna göre, yaz aylarında 2,54°C ile 4,21°C arasında bir azalma, kış aylarında ise 6°C ile 9,32°C arasında bir yükselme trendi göstermesi uzun yıllar ortalaması olarak kullanılan parametrelerin yeniden düzenlenmesi gerçeğini ortaya koymaktadır. Örneğin, baraj sonrası periyot için hesaplanan yeni veriler yaz şartları için kuru termometre sıcaklığının 40,75°C, yaz termometre sıcaklığının 18,77°C ve kış şartları için kuru termometre sıcaklığının -1,61°C değerlerine sahip olduğunu göstermektedir. Mevcut projelendirmelerinde yaz şartları için kuru termometre sıcaklığının 43°C, yaz termometre sıcaklığının 26°C ve kış şartları için kuru termometre sıcaklığının -6°C olarak kullanıldığı göz önüne alındığında psikrometrik verilerde yeni düzenleme gereği çok açıktır. Ancak değerlendirmeye alınan baraj sonrası periyodun yeteri kadar uzun olmaması nedeniyle yeni verileri kesinleştirme olanağı sistematik analizlerin devamı ile mümkün olabilecektir.

**5. KAYNAKLAR**

- [1] Thornthwaite, C.W., "Modification of Rural Microclimates, In W.L. Thomas (Ed.) Man's Role In Changing The Face Of The Earth", Univ. Of Chicago Press, pp. 567-583, 1956.
- [2] Oliver, J.E., "Climate and Man's Enviroment", Jhon Willey-Sons Inc., Newyork, Mc Graw-Hill, 1973.
- [3] Durukanoglu, F.H., "Baraj Gölleri Çevresinde Meteorolojik Parametreler", Fırat Üniversitesi, Coğrafya Sempozyumu, s 91, 1988.
- [4] Hostetler, S.W., Giorgi, F., Bates G.T., Bartlein, P.J., "Lake-Atmosphere Feedbacks Associated with Paleolakes Bonneville and Lahontan", Science Vol.263, pp. 665-667, 1994.
- [5] Emiroğlu, M.E., Özkan F., Öztürk, M., "Keban Barajı Rezervuarlarının Elazığ İli İklim Şartlarına Etkisi Üzerine Bir Araştırma", GAP 1.Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, s.167-174, 1996.
- [6] Biçer, Y.,ve Yıldız, C., "Fırat Havzasında Bulunan Baraj Rezervuarlarının Bölge İllerinin Dış Sıcaklık Parametresine Etkisi", GAP 1.Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, s.175-180, 1996.
- [7] Yeşilnacar, İ.,Gülşen, H., "Şanlıurfa ve Çevresinin İklim Özellikleri ve Atatürk Barajının Yöre İklimi Üzerine Etkileri", 52.Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, s.122-129, 1999.
- [8] T.C. Başbakanlık Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Elektronik Bilgi İşlem Müdürlüğü, Şanlıurfa ili Meteorolojik Bilgi Dokümanları, 1999.
- [9] Sherwood, T.K. and Pigford, R.L., "Absorbtion and Extraction", Mc Graw-Hill, 1952.